Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 16, No. 2, Summer. 2018, p. 421-434

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۶، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۷، ص. ۴۳۴-۴۲۱

اثر مدیریت تلفیقی خاک‌ورزی حفاظتی و گیاه پوششی خلر (*Lathyrus Sativus*) بر عملکرد کدو (*Cucurbita pepo* L.) و برخی شاخص‌های کیفیت خاک

اسماعیل اسفندیاری اخلاص[1]- محسن نائل[2]*- جواد حمزه ئی[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۱/۲۸
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۱/۲۳

چکیده

در سال‌های اخیر به‌کارگیری خاک‌ورزی‌های حفاظتی، نهاده‌های طبیعی و درون‌مزرعه‌ای جهت تولید پایدار نظام‌های کشاورزی و بهبود سلامت خاک و گیاه مورد توجه روزافزون محققان قرار گرفته است. به منظور بررسی اثر نظام‌های مختلف خاک‌ورزی و گیاه پوششی خلر (*Lathyrus Sativus*) بر عملکرد کدو تخمه کاغذی (*Cucurbita pepo* L.)، فعالیت آنزیم فسفاتاز قلیایی و تخلخل خاک آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ در مزرعه پژوهشی دانشگاه بوعلی سینا همدان اجرا گردید. تیمارها تلفیق سه نوع مدیریت خاک‌ورزی، شامل NT: بدون خاک‌ورزی (کاشت مستقیم بذر در زمین زراعی)، MT: خاک‌ورزی حداقل (شخم با چیزل + دیسک) و CT: خاک‌ورزی مرسوم (شخم با گاوآهن برگردان‌دار + دیسک) در دو نوع مدیریت گیاه پوششی شامل C1: با گیاه پوششی خلر و C0: بدون گیاه پوششی که برای چهار سال متوالی اعمال شده‌اند، بودند. نتایج آزمایش نشان داد که عملکرد دانه، تعداد دانه در میوه، قطر میوه، عملکرد میوه، وزن هزاردانه، فعالیت آنزیم فسفاتاز قلیایی، تخلخل و جرم مخصوص ظاهری خاک تحت تأثیر مدیریت‌های مختلف خاک‌ورزی و گیاه پوششی قرار گرفتند؛ به‌طوری‌که بیشترین مقدار این صفات در تیمارهای خاک‌ورزی حفاظتی با گیاه پوششی خلر (NT-C1 وMT-C1) و کمترین مقدار در تیمار خاک‌ورزی مرسوم بدون گیاه پوششی (CT-C0) مشاهده شد. بیشترین عملکرد دانه کدو (۱۴۲ گرم بر متر مربع) مربوط به تیمار MT-C1 و بیشترین فعالیت آنزیم فسفاتاز قلیایی (۳۴۱۳ $\mu g\ \rho NP\ g^{-1}\ h^{-1}$) در تیمار NT-C1 مشاهده شد. همچنین کمترین عملکرد دانه (۱۱۵ گرم در متر مربع) و کمترین میزان فعالیت آنزیم فسفاتاز قلیایی (۱۸۶۱ $\mu g\ \rho NP\ g^{-1}\ h^{-1}$) در تیمار CT-C0 به‌دست آمد. در مجموع، تلفیق گیاه پوششی خلر با خاک‌ورزی حفاظتی (بدون خاک‌ورزی و خاک‌ورزی حداقل)، مناسب‌ترین مدیریت برای دستیابی به عملکرد بیشتر کدو تخمه کاغذی و همچنین بهبود فعالیت آنزیم فسفاتاز و تخلخل خاک در این منطقه شناسایی شد.

واژه‌های کلیدی: آنزیم فسفاتاز قلیایی، تخلخل، جرم مخصوص ظاهری، شخم حفاظتی، عملکرد دانه

مقدمه

شدت بحران‌های بوم‌شناختی و آلودگی‌های زیست‌محیطی ناشی از کشاورزی پیشرفته در دهه‌های اخیر، باعث افزایش توجه به کشاورزی پایدار به‌عنوان راهی برای حفظ منابع طبیعی تجدیدناپذیر مانند خاک شده است. امروزه یکی از عواملی که امنیت غذایی مردم را به مخاطره می‌اندازد کاهش سریع حاصلخیزی خاک است. در سال‌های اخیر، محققان تلاش‌های زیادی جهت بررسی عوامل مؤثر بر کاهش حاصلخیزی خاک و میزان تولید انجام داده‌اند (Samadani and Mmontazeri, 2009). تخمین‌ها نشان می‌دهد که تقریباً ۴۰ درصد از مزارع دنیا حاصلخیزی خود را از دست داده‌اند که این امر در تولید ۱۶ درصد از مزارع اثر معنی‌دار داشته است. علت این تنزل بسیار پیچیده است و ممکن است شامل، عملیات کشاورزی که باعث نابودی خاک می‌شود، کاشت پیوسته یک گیاه زراعی در مزارع و کود ناکافی و یا عدم استفاده از کودهای آلی باشد (Samadani and Mmontazeri, 2009). از جمله عملیات کشاورزی که تأثیر مثبت زیادی بر عملکرد محصول، حاصلخیزی و کیفیت خاک دارد، کاربرد مدیریت‌هایی است که با تولید کود سبز و حفظ مانده‌های گیاهی در

۱ و ۲- به‌ترتیب دانشجوی دکتری و استادیار، گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا همدان
۳- دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا همدان
(*- نویسنده مسئول: Email: moh_nael@yahoo.com)
DOI: 10.22067/gsc.v16i2.63807

سطح خاک از اختلاط بیش از حد با خاک جلوگیری می‌کند. از این مدیریت‌ها می‌توان به خاک‌ورزی حفاظتی و استفاده از گیاهان پوششی اشاره کرد. خاک‌ورزی حفاظتی مانند بدون خاک‌ورزی و خاک‌ورزی حداقل، به آن دسته از عملیات خاک‌ورزی گفته می‌شود که طی آن کمترین آسیب به منابع خاک و آب وارد گردد و شامل روش‌ها و تکنیک‌هایی برای کاشت محصول روی مانده‌ها و کلش به‌جامانده از محصول قبلی می‌باشد. در روش خاک‌ورزی حداقل حدود ۳۰ درصد بقایا و در بدون خاک‌ورزی تمام بقایای زراعت قبل به‌صورت دست نخورده در سطح خاک باقی می‌ماند (Uhart and Andrade, 1995). به طورکلی خاک‌ورزی حفاظتی، مزیت‌هایی مانند: کاهش مصرف انرژی، کاهش فرسایش آبی و بادی، نیاز به نیروی کار کمتر، نیاز به سرمایه گذاری کمتر در ماشین‌آلات، افزایش ذخیره رطوبتی، مواد آلی خاک، فراهم‌سازی امکان کشت دوم و همچنین افزایش حاصلخیزی و عملکرد محصول را به دنبال دارند (Omidi, 2006).

ماده آلی کلید حاصلخیزی و باروری خاک است. از راهکارهای دیگر افزایش حاصلخیزی خاک استفاده از گیاهان پوششی و یا کود سبز می‌باشد. گیاهان پوششی به گونه‌هایی اطلاق می‌شود که از آن‌ها برای افزایش مواد آلی خاک، حفظ و یا افزایش قابلیت دسترسی سایر گیاهان به عناصر غذایی، بهبود ویژگی‌های فیزیکی خاک، جلوگیری از فرسایش خاک و در مواردی برای کاهش مشکلات ناشی از عوامل بیماری خاک‌زاد و کنترل علف‌های هرز استفاده می‌شود (Bond *et al*., 2003; Liebman and Davis, 2000). استفاده از گیاهان پوششی برای بهبود حاصلخیزی خاک به‌عنوان عامل مهمی در کشاورزی پایدار از دیر زمان مورد توجه بوده است. تثبیت نیتروژن و یا جذب بقایای نیتروژن مصرف شده در گیاهان زراعی قبلی، مزیت کلیدی کشت گیاهان پوششی می‌باشد، که می‌تواند قسمت اعظم و یا حتی تمام نیاز نیتروژن برخی از نظام‌های زراعی را برآورد سازد (Suivan and Diver, 2001). همچنین مانده‌های گیاهان پوششی سبب افزایش ماده آلی و محتوای نیتروژن خاک می‌شوند که می‌تواند موجب افزایش فعالیت آنزیمی و زیستی در خاک و به تبع آن افزایش حاصلخیزی خاک شود (Sainju and Singh, 2001). خلر (*lathyrus sativus*) از گیاهان علوفه‌ای یک‌ساله و از خانواده لگوم‌ها است که با توجه به کوتاه بودن طول دوره رشد و نمو و امکان کشت آن در زمان‌های مختلف، می‌توان آن را به‌عنوان کشت دوم (کشت تابستانه) و تولید علوفه و یا کود سبز مورد استفاده قرارداد. لگوم‌ها به دلیل داشتن توانایی تثبیت نیتروژن هوا (Hooker *et al*., 2008) و همچنین فراهم کردن شرایط برای فعالیت ریزجانداران مفید خاک‌زی (Steenwerth and Belina, 2008; Hooker *et al*., 2008) به‌طور گسترده‌ای در سیستم‌های زراعی به‌عنوان گیاهان پوششی مورد استفاده قرار می‌گیرند (Isik *et al*., 2009). بسیاری از محققان (Bergkvist *et al*., 2011; Garand *et al*., 2001) کشت گیاهان پوششی لگوم را به‌طور میانگین معادل اضافه کردن صفر تا ۹۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن معدنی به خاک در نظر می‌گیرند.

مطالعات مختلفی اثر خاک‌ورزی و گیاه پوششی بر عملکرد گیاهان مختلف را مورد بررسی قرار داده است: بررسی کمیت و کیفیت تولید کدو پوست کاغذی تحت تأثیر کشت گیاهان پوششی زمستانه خلر و شبدر ایرانی (*Trifolium resopinatum*) و کاربرد کودهای آلی نشان داده است، استفاده از کودهای آلی و گیاه پوششی خلر ضمن بهبود بخشیدن به وضعیت حاصلخیزی خاک باعث تولید عملکرد مطلوب برای کدو پوست کاغذی شد (Jahan *et al*., 2013). محققان دیگری در بررسی اثر گیاه پوششی مختلف و تناوب بر عملکرد سیب‌زمینی (*Solanum tuberosumn* L.) و جمعیت میکروبی خاک گزارش کردند که گیاه پوششی همراه با تناوب باعث بهبود جمعیت میکروبی خاک و افزایش عملکرد سیب‌زمینی می‌شود (Larkin *et al.*, 2010). همچنین در مطالعه‌ای بیشترین ارتفاع بوته جو (*Hordeum vulgare* L.) در شخم حداقل و کمترین ارتفاع بوته جو در نظام بدون شخم مشاهده شد و بیشترین عملکرد دانه جو از نظام بدون شخم به‌دست آمد (Samara and Ahmad, 2007). در مطالعه‌ای اثر ۶ ساله‌ی روش‌های خاک‌ورزی مختلف بر عملکرد گندم نشان داد که میانگین عملکرد دانه در شخم حداقل ۸ درصد بیشتر از شخم رایج (سطح احتمال ۵٪) بود؛ همچنین تیمار شخم حداقل بالاترین عملکرد را داشت (Wang *et al*., 2006).

از شاخص‌های کیفیت خاک که تحت تأثیر نوع مدیریت قرار گرفته و در کوتاه مدت پاسخ‌دهنده است می‌توان به فعالیت آنزیم‌های خاک مانند آنزیم فسفاتاز قلیای، جرم مخصوص ظاهری و تخلخل خاک اشاره کرد. فسفاتازها از آنزیم‌های کلیدی در چرخه فسفر خاک و شاخص خوبی برای توان معدنی شدن فسفر آلی و فعالیت بیولوژیک خاک‌ها هستند (Dick and Tabatabai, 1993). آلکالین فسفاتازها برون سلولی بوده و منشأ تولید آن‌ها ریزجانداران و فون خاک هستند (Safari Sinegani, 2014). آنزیم فسفاتاز قلیایی (ارتو فسفریک منو استر فسفو هیدرولاز، EC3.1.3.1) واکنش هیدرولیز استرهای فسفات آلی و انیدریدهای اسید فسفریک را به ارتوفسفات‌ها کاتالیز می‌کند و در چرخه فسفر نقش مهمی در دگرگونی فسفر آلی به کانی دارد (Safari Sinegani, 2014).

اگرچه در بررسی اثر مجزای خاک‌ورزی و گیاهان پوششی بر عملکرد گیاهان و کیفیت خاک مطالعات متعددی صورت گرفته است اما تا کنون اثر تلفیقی گیاه پوششی خلر با خاک‌ورزی حفاظتی بر عملکرد کدو تخمه کاغذی و برخی جنبه‌های کیفیت خاک مانند فعالیت آنزیم فسفاتاز در منطقه نیمه خشک همدان بررسی نشده است. این مطالعه با هدف بررسی تلفیق گیاه پوششی خلر با خاک‌ورزی حفاظتی (خاک‌ورزی حداقل و بدون خاک‌ورزی) در مقایسه با روش مرسوم (خاک‌ورزی برگردان‌دار، بدون استفاده از گیاه

پوششی) بر عملکرد و اجزای عملکرد کدوی تخمه کاغذی و برخی شاخص‌های کیفیت خاک انجام شد تا بهترین مدیریت در راستای پایداری این بوم نظام‌های کشاورزی، جهت افزایش عملکرد و بهبود کیفیت خاک در منطقه دستجرد همدان شناسایی گردد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ در مزرعه پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا (در ۴۸ درجه و ۳۱ دقیقه طول شرقی و ۳۵ درجه و ۱ دقیقه عرض شمالی، با ارتفاع ۱۶۹۰ متر از سطح دریا) واقع در روستای دستجرد در فاصله ۳۷ کیلومتری از شهر همدان انجام گرفت. میزان کل بارندگی در طول فصل زراعی ۹۲-۹۳ حدود ۳۳۰ میلی‌متر بود. (Iran Weather.ir, 2014). منطقه مطالعاتی بر اساس طبقه‌بندی کوپن-گایگر دارای اقلیم نیمه خشک است.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

Table 1- Physicochemical properties of soil on experimental site

بافت خاک Soil texture	درصد شن % Sand	درصد سیلت % Silt	درصد رس % Clay	درصد نیتروژن % N	فسفر قابل دسترس Available p $mg\ kg^{-1}$	پتاسیم K $mg\ kg^{-1}$	ظرفیت تبادل کاتیونی CEC $Cmolc\ kg^{-1}$	هدایت الکتریکی EC $dS\ m^{-1}$	اسیدیته pH
Clay loam	43	30	27	0.3	13	350	15	0.41	7.45

آماده‌سازی زمین و کشت گیاه

آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. زمین مورد مطالعه به مدت چهار سال متوالی (۱۳۸۹-۱۳۹۳) از نظر خاک‌ورزی و گیاه پوششی خلر به شیوه‌های مختلف مدیریت شد. تیمارها شامل: شامل ترکیب فاکتوریل سه سطح مدیریت خاک‌ورزی شامل بدون خاک‌ورزی (NT)، خاک‌ورزی مرسوم (CT) و خاک‌ورزی کمینه (MT) به همراه دو سطح گیاه پوششی خلر (C1) و بدون گیاه پوششی (C0) بودند. لازم به ذکر است تیمار CT-C0 روش مدیریتی مرسوم منطقه بوده و به‌عنوان شاهد برای مقایسه‌ی اثرات تیمارها پس از چهار سال اعمال مدیریت‌های مختلف در نظر گرفته شد. در سه سال اول آزمایش، ذرت به‌عنوان گیاه اصلی کشت شده و پس از پایان کشت، مانده‌های آن در سطح خاک رها شده بود. بذر خلر در اسفند هر سال به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار به‌صورت دستی، یکسان و با یک دیسک سطحی (چهار سانتی متر عمق) برای تیمارهای دارای گیاه پوششی کشت می‌شد. تأمین نیاز آبی آن با بارندگی بود و در صورت عدم بارندگی یا عدم تأمین نیاز آبی گیاه با بارندگی از آب چاه برای آبیاری آن استفاده می‌شد. معمولاً به این صورت بود که تا اواسط اردیبهشت نیاز آبی آن با بارندگی تأمین می‌شد و دو یا سه دوره نیز در صورت عدم بارندگی از آب چاه برای آبیاری آن استفاده می‌شد. نهایتاً در اواخر اردیبهشت و دو هفته قبل از کاشت گیاه اصلی زمانی که حدوداً ۳۰ درصد گیاه به گل رفته بود با یک دیسک سطحی کف‌بر شده و در سطح کرت‌ها رها شد. از آن‌جایی‌که گیاه پوششی مانع رشد علف‌های هرز شده و با توجه به اینکه کشاورزان منطقه با انجام یک بار خاک‌ورزی در پاییز و یک بار در اول بهار رشد علف‌های هرز را کنترل می‌کنند و یا علف‌های هرز روییده شده را با دام چرا می‌کنند، برای حفظ مدیریت مرسوم و اینکه تفاوت بین تیمارها ملموس‌تر باشد در کرت‌هایی که بدون گیاه پوششی بودند علف‌های هرزی که رشد کرده بودند از مزرعه خارج شدند. پس از گذشت یک هفته و با خشک شدن نسبی بقایای گیاه پوششی، تیمارهای مختلف خاک‌ورزی به شرح زیر پیاده شد. لازم به ذکر است خشک شدن بقایای گیاه پوششی حرکت ادوات خاک‌ورزی و همچنین کاشت بذر را تسهیل می‌نماید. اندازه زیست‌توده برگردانده شده به خاک در تیمارهای دارای گیاه پوششی حدود ۳۰۰ گرم بر متر مربع بود.

در هر مرحله از عملیات زراعی هر وسیله تنها یک بار وارد قطعه مورد نظر شده و کار را انجام می‌داد. برای اجرای خاک‌ورزی مرسوم از گاوآهن برگردان + دیسک استفاده شد. این نوع گاوآهن ۹۰ تا ۹۵ درصد بقایای گیاهی را در هر سری عملیات دفن می‌کند و تنها ۵ تا ۱۰ درصد از بقایا و خاک سطحی زیر و رو نمی‌شود. برای انجام خاک‌ورزی کمینه از گاوآهن چیزل که شمع کوب (پیلر) نیز به آن وصل بود، استفاده شد. این گاوآهن برخلاف گاوآهن برگردان‌دار و بشقابی خاک را برنمی‌گرداند، بلکه همانند یک ابزار برنده در خاک نفوذ نموده و فقط آن را شکاف می‌دهد. در کرت‌های بدون خاک‌ورزی هیچ‌گونه عملیاتی انجام نشد و کلیه بقایا در سطح خاک به‌صورت پوشش باقی ماندند. در نهایت در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ بذرهای کدو تخمه کاغذی با دست و به‌صورت ردیفی در خاک کاشته شد. بذرهای کدو (*Cucurbita pepo*. var. *Styriaca*) با خلوص ۱۰۰٪ و درصد جوانه‌زنی ۹۸٪ از شرکت پاکان بذر اصفهان تهیه

شدند. در هر کرت آزمایشی بذرها با فاصله بین ردیف ۱۵۰ سانتی‌متر و فاصله بین بوته‌ها ۳۰ سانتی‌متر و تراکم ۲/۲ بوته در متر مربع (Jahan *et al*., 2013) کاشته شدند. آبیاری بلافاصله بعد از کاشت بذر به‌صورت سیستم تحت فشار و بارانی انجام و هر شش روز یک بار تا پایان فصل کاشت صورت گرفت. بعد از سبز شدن (در مرحلهٔ چهار برگی) نسبت به تنک و واکاری گیاهان سبز شده اقدام شد. کود نیتروژن (کود اوره با ۴۶٪ نیتروژن) بر اساس آزمون خاک به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار و طی دو مرحله (مرحله اول بعد از دو برگی شدن گیاهان و مرحله دوم ۵۰ روز پس از کاشت و در اواسط مرداد ماه) و به‌صورت یکسان برای تمامی تیمارها اضافه شد. عملیات وجین دستی نیز به‌طور یکسان در تمامی تیمارها و در سه مرحله به‌ترتیب ۱۰، ۳۰ و ۴۵ روز پس از کاشت صورت گرفت. در پایان فصل رشد بعد از رسیدن میوه‌ها و زرد شدن آن‌ها (اواخر شهریور)، نمونه‌برداری از گیاه با حذف اثر حاشیه‌ای و به‌طور تصادفی با پلات‌های یک متر مربعی با سه تکرار انجام شد. صفات تعداد دانه در میوه، وزن هزار دانه، قطر میوه، وزن میوه، تعداد میوه در بوته و عملکرد دانه اندازه‌گیری گردید.

نمونه‌برداری از خاک در پایان سال چهارم زراعی و از عمق ۰ – ۱۵ سانتی‌متری انجام شد. برای تعیین جرم مخصوص ظاهری خاک از نمونه‌های خاک دست‌نخورده که توسط سیلندرهای استوانه‌ای بعد از پایان کشت گردآوری شده بود، استفاده شد (Blak and Hartge, 1986). میزان تخلخل با توجه به معادله ۱ و از روی جرم مخصوص حقیقی و ظاهری به‌دست آمد.

(معادله ۱) تخلخل =1-(Db/Dp) * 100

Db= جرم مخصوص ظاهری Dp= جرم مخصوص حقیقی

فعالیت آنزیم فسفاتاز قلیایی با استفاده از پارانیتروفنل فسفات و دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۴۰۰ نانومتر برای نمونه خاک‌هایی که با سه تکرار از هر تیمار برداشته شده بود اندازه‌گیری شد (Tabatabai and Bremner, 1969). هر تکرار نمونه خاک از ترکیب دو خاک کنار بوته و بین بوته به‌دست آمد.

تجزیه و تحلیل داده‌های به‌دست آمده از طریق نرم‌افزار آماری SAS ver 9.4 و همچنین رسم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel صورت گرفت. مقایسه میانگین‌ها داده‌ها با آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) و در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

جرم مخصوص ظاهری و تخلخل خاک

جرم مخصوص ظاهری و تخلخل از پارامترهای فیزیکی کیفیت خاک هستند که به شیوه‌های مدیریتی مختلف پاسخ می‌دهند. با توجه به جدول تجزیه واریانس هر دو شاخص به‌صورت معنی‌داری تحت تأثیر مدیریت‌های خاک‌ورزی، گیاه پوششی و اثر دوگانه خاک‌ورزی در گیاه پوششی قرار گرفتند (جدول ۲). اعمال چهار ساله مدیریت‌های گوناگون نشان داد تیمارهای خاک‌ورزی حفاظتی (بی خاک‌ورزی و خاک‌ورزی کمینه) با گیاه پوششی خلر کمترین جرم مخصوص ظاهری (با میانگین ۱/۱ $g.cm^{-3}$) و بیشترین اندازه تخلخل (۵۳/۷ درصد) را نسبت به تیمارهای دیگر در پی داشت. در مقابل، CT-C0 بیشترین جرم خصوص ظاهری (۱/۴۲ $g.cm^{-3}$) و کمترین اندازه تخلخل (۴۰/۸ درصد) را نشان داد که البته تفاوت معنی‌داری با تیمار MT-C0 نداشت. بین تیمارهای NT-C0 و MT-C0 نیز تفاوت معنی‌داری برای این دو ویژگی مشاهده نشد (شکل ۱).

با توجه به معادله ۱ و همبستگی بین تخلخل و جرم مخصوص ظاهری (جدول ۳) قابل استنباط است که این دو ویژگی رابطه عکس با همدیگر دارند. افزایش جرم مخصوص ظاهری و کاهش تخلخل احتمالاً به دلیل متراکم شدن و تجزیه سریع‌تر مواد آلی خاک، وابسته به عملیات کشت و کار نظیر خاک‌ورزی و عدم ورود بقایای آلی به خاک می‌باشد. احتمالاً بیشترین تأثیر بر این شاخص‌ها را افزایش مواد آلی وابسته به بقایای گیاه پوششی خلر و کشت اصلی داشته است زیرا در تیمار خاک‌ورزی مرسوم با گیاه پوششی، جرم مخصوص ظاهری به‌طور معنی‌داری از خاک‌ورزی مرسوم بدون گیاه پوششی کمتر بود؛ همچنین در تیمارهای خاک‌ورزی حفاظتی، کرت‌هایی که فاقد گیاه پوششی بودند متراکم‌تر شده و جرم مخصوص ظاهری خاک در آن‌ها افزایش یافت و همین روند به گونه عکس برای تخلخل در این تیمارها دیده شد (شکل ۱). برگرداندن بقایای گیاهی به خاک به مرور زمان باعث افزایش مواد آلی خاک و بهبود اندازه خاکدانه‌ها شده و به تبع آن سبب افزایش تخلخل و خلل و فرج خاک می‌شود که این موضوع منجر به کاهش جرم مخصوص ظاهری خاک می‌گردد (Esfandiary Ekhlas, 2016). خاک‌ورزی‌های حفاظتی نیز احتمالاً از طریق تأثیر بر نگهداشت مواد آلی در خاک و همچنین جلوگیری از خرد شدن خاکدانه‌های بزرگ بر کاهش جرم مخصوص ظاهری و تخلخل خاک تأثیر به‌سزایی داشته‌اند. نتایج این پژوهش در خصوص تأثیر تلفیق گیاه پوششی و خاک‌ورزی بر جرم مخصوص ظاهری و تخلخل با گزارش‌های Mitchell *et al*., 2017 همسو است. این محققان تأثیر تلفیق گیاهان پوششی نخود (*Pisum sativum* L.)، باقلا (*Vicia faba* l.) و چند گیاه دیگر را با خاک‌ورزی مرسوم و بدون خاک‌ورزی بررسی نموده و گزارش کردند تیمار بی‌خاک‌ورزی با گیاه پوششی باعث بهبود پایداری خاکدانه‌ها در آب، افزایش تخلخل و کاهش جرم مخصوص ظاهری نسبت به تیمارهای بدون گیاه پوششی می‌گردد.

جدول ۲- تجزیه واریانس برخی ویژگی‌های کیفیت خاک، عملکرد و اجزای عملکرد کدو تخمه کاغذی تحت تأثیر خاک‌ورزی‌های مختلف و گیاه پوششی

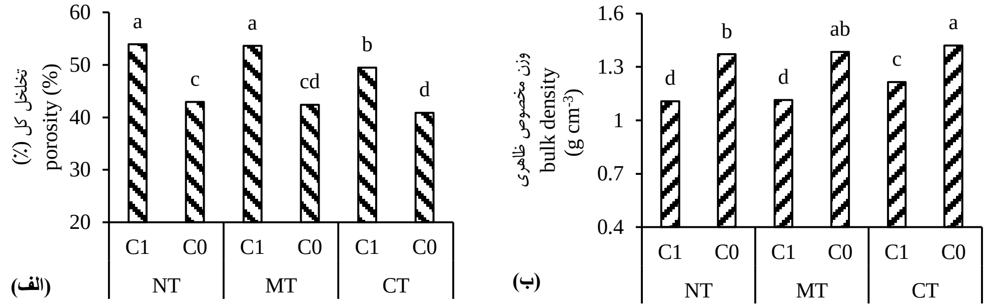
Table 2- Analysis of variance of selected soil quality indicators, yield and yield components of *Cucurbita* pepo influenced by tillage and cover crop treatments

منبع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی d.f	تخلخل Porosity	جرم مخصوص ظاهری Bulk density	فعالیت آنزیم فسفاتاز قلیایی Alkaline phosphatase activity	وزن هزار دانه 1000-grain weight	عملکرد دانه Grain yield	تعداد دانه در میوه No. of seeds per fruit	تعداد میوه در بوته No. of fruit per plant	قطر میوه Fruit diameter	عملکرد میوه Fruit yield
تکرار Replication	2	4.33*	0.0025 *	143490 ns	216*	182*	5076**	0.09**	172**	0.44*
خاک‌ورزی Tillage	2	18.9**	0.0109**	465331ns	255*	188*	9384**	0.01 ns	117**	0.22 ns
گیاه پوششی Cover crop	1	475.3**	0.2738**	2981682**	827**	709**	2061**	0.02 ns	445**	0.80*
تیمار T*C	5	103.9**	0.0598**	891107**	301**	241**	2702**	0.02 ns	145**	0.26*
خطای آزمایشی Error	12	0.78	0.0004	146331	37	22	214	0.007	15	0.07
CV (%)	-	1.67	1.67	14.11	5.2	4.6	4.7	7.5	5.7	7.8

*،** و ns به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد، یک درصد و غیر معنی‌دار

* ,** and ns, Significant at 1% and 5% levels of probability and no Significant, respectively

اما برزگر و هکاران (Barzegar *et al.*, 2003) در بررسی تأثیر تیمارهای خاک‌ورزی بر خصوصیات فیزیکی خاک گزارش کردند خاک‌ورزی مرسوم باعث کاهش جرم مخصوص ظاهری می‌شود. همچنین باگانویک و همکاران (Bogunovic *et al.*, 2018) در بررسی تأثیر مدیریت خاک‌ورزی بر تراکم خاک، فرسایش و عملکرد محصول گزارش کردند بی‌خاک‌ورزی در مقایسه با خاکورزی مرسوم و خاک‌ورزی عمیق در بلند مدت باعث متراکم شدن خاک و افزایش جرم مخصوص ظاهری می‌شود. باید متذکر شد، نتایج پژوهش حاضر حاصل مدیریت تلفیقی انواع خاک‌ورزی با گیاه پوششی است که توانسته وضعیت ساختمان خاک را بهبود ببخشد، اما در مطالعات یاد شده اثر خاک‌ورزی به تنهایی بر این شاخص‌ها مورد بررسی قرار گرفته است.

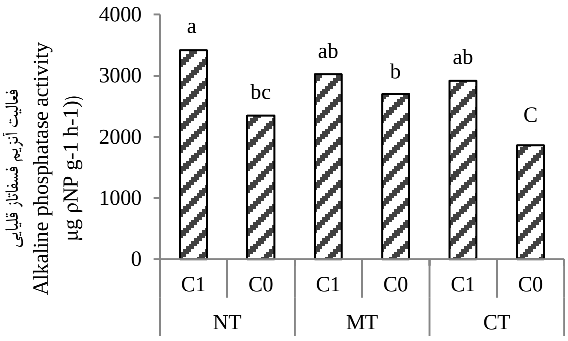


شکل ۱- اثر تیمارهای مختلف خاک‌ورزی و گیاه پوششی بر تخلخل (الف) و جرم مخصوص ظاهری خاک (ب). NT- بدون خاک‌ورزی، MT- خاک‌ورزی حداقل، CT- خاک‌ورزی مرسوم، C1- گیاه پوششی خلر و C0- بدون گیاه پوششی. میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف آماری معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Figure 1- Effects of different tillage and cover crop treatments on porosity (A) and bulk density (B). NT- no tillage, MT- minimum tillage, CT- conventional tillage, C1- legume cover crop and C0- without cover crop. Means followed by similar letter are not significantly different with LSD at 5% probability level.

فعالیت آنزیم فسفاتاز قلیایی

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که فعالیت آنزیم فسفاتاز قلیایی تحت تأثیر اثر ساده خاک‌ورزی قرار نگرفت اما تحت تأثیر گیاه پوششی و اثر دوگانه خاک‌ورزی در گیاه پوششی قرار گرفت (جدول ۲). بیشترین اندازه فعالیت آنزیم فسفاتاز (۳۴۱۳ µg ρNP g^{-1} h^{-1}) در تیمار بی‌خاک‌ورزی با گیاه پوششی خلر به‌دست آمد که البته با تیمارهای MT-C1 و CT-C1 از نظر آماری تفاوت معنی‌داری نشان نداد (شکل ۲). کمترین مقدار این شاخص (۱۸۶۱ µg ρNP g^{-1} h^{-1}) در شیوه مدیریتی مرسوم منطقه (CT-C0) مشاهده شد (شکل ۲). افزایش آنزیم فسفاتاز قلیایی احتمالاً به دلیل وجود گیاهان پوششی می‌باشد که باعث افزایش مواد آلی خاک و در پی آن افزایش عناصر غذایی قابل‌دسترس، افزایش جمعیت و فعالیت زیست‌توده میکروبی و تعدیل دمایی خاک شده؛ همچنین خاک‌ورزی‌های حفاظتی از طریق ممانعت از به‌هم خوردن خاک و شکستن خاکدانه‌ها مانع تجزیه سریع مواد آلی شده و این اثرات را تسریع می‌کنند. در گزارشی طباطبایی (Tabatabai, 2003) بیان کرد، وجود ترکیب‌های آلی بیشتر در خاک منجر به افزایش اندازه ترکیبات استری فسفات و درنتیجه، باعث القای تولید آنزیم فسفاتاز قلیایی در خاک می‌گردد. همچنین، هو و کاو (Hu and Cao, 2007) گزارش کردند افزودن مواد آلی به خاک باعث فراهم کردن کربن و درنتیجه افزایش فعالیت آنزیم‌ها می‌شود و مواد آلی همچنین نقش مهمی در حفاظت آنزیم‌ها نسبت به غیرفعال شدن توسط کانی‌های رسی یا ترکیبات هوموسی ایفا می‌کنند.



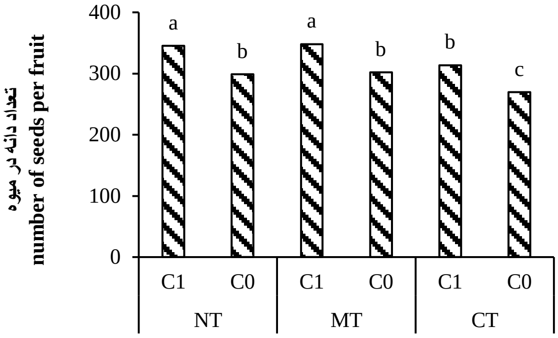
شکل ۲- اثر تیمارهای مختلف خاک‌ورزی و گیاه پوششی بر فعالیت آنزیم فسفاتاز قلیایی. NT - بدون خاک‌ورزی، MT- خاک‌ورزی حداقل، CT- خاک‌ورزی مرسوم، C1- گیاه پوششی خلر و C0- بدون گیاه پوششی. میانگین‌های دارای حروف مشترک اختلاف آماری معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Figure 2- Effects of different tillage and cover crop treatments on Alkaline phosphatase activity. NT- no tillage, MT- minimum tillage, CT- conventional tillage, C1- legume cover crop and C0- without cover crop. Means followed by similar letter are not significantly different with LSD at 5% probability level.

تعداد دانه در میوه و میوه در بوته

تعداد میوه در بوته تحت تأثیر هیچ‌کدام از تیمارهای آزمایشی قرار نگرفت اما تعداد دانه در میوه کدو تخمه کاغذی رابطه معنی‌داری با تیمارهای مختلف مدیریتی خاک‌ورزی، گیاه پوششی و اثر دوگانه آن‌ها نشان داد (جدول ۲). بیشترین تعداد دانه در میوه با ۳۴۸ دانه در تیمار خاک‌ورزی حداقل با گیاه پوششی خلر (MT-C1) مشاهده شد که با تیمار NT-C1 تفاوت معنی‌داری نداشت. همچنین تیمار CT-C0 به‌صورت معنی‌داری کمترین مقدار (۲۶۹/۳ دانه) این صفت را نشان داد (شکل ۳). با توجه به نتایجی که در بخش تخلخل، جرم مخصوص ظاهری و فعالیت آنزیم فسفاتاز به‌دست آمد و همچنین همبستگی بین این ویژگی‌ها با تعداد دانه در میوه و سایر ویژگی‌های اندازه‌گیری شده (جدول ۳)، به نظر می‌رسد افزایش مواد آلی در تیمارهای دارای گیاه پوششی از راه افزایش عناصر غذایی قابل دسترس، افزایش فعالیت زیستی خاک و همچنین نگهداری رطوبت بیشتر، احتمالاً از طریق افزایش رشد گیاه باعث افزایش تعداد دانه در میوه شده است. همچنین خاک‌ورزی حفاظتی احتمالاً از طریق بهبود ساختمان و ویژگی‌های فیزیکی خاک توانسته است با افزایش رشد رویشی، بر رشد زایشی گیاه تأثیر گذاشته و تعداد دانه در میوه کدو تخمه‌کاغذی را افزایش دهد. محققین گزارش کردند افزایش بقایای گیاهی باعث افزایش ماده آلی، نیتروژن، بهبود ساختمان خاک، افزایش گنجایش تبادل کاتیونی، افزایش تبادلات گازی و افزایش فعالیت میکروارگانیسم‌های خاک شده که در نهایت باعث افزایش رشد و عملکرد گیاه می‌شود (Courtney and Mullen, 2008). روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی در مقایسه با خاک‌ورزی مرسوم، با کاهش تبخیر

و افزایش نفوذپذیری، موجب کارآیی بیشتر ذخیره آب می‌شوند که نهایتاً افزایش رشد گیاه را در پی دارد (Putnam *et al.*, 2003). نتایج این آزمایش با یافته‌های جهان و همکاران (Jahan *et al.*, 2013) در خصوص افزایش شمار دانه در میوه کدو تخمه‌کاغذی تحت تأثیر گیاهان پوششی خلر و شبدر زمستانه، تلقیح با ریزوباکتری‌های تحریک‌کننده رشد و کاربرد کودهای آلی شامل کود گاوی، گوسفندی، مرغی و ورمی‌کومپوست همسو است.

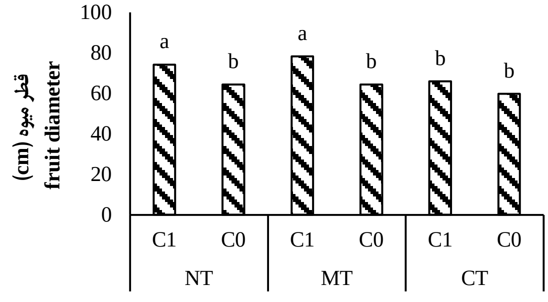


شکل ۳- اثر تیمارهای مختلف خاک‌ورزی و گیاه پوششی بر تعداد دانه در میوه کدو تخمه کاغذی. NT- بدون خاک‌ورزی، MT- خاک‌ورزی حداقل، CT- خاک‌ورزی مرسوم، C1- گیاه پوششی خلر و C0- بدون گیاه پوششی. میانگین‌های دارای حروف مشترک اختلاف آماری معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Figure 3- Effects of different tillage and cover crop treatments on number of seeds per fruit in *Cucurbita pepo*. NT- no tillage, MT- minimum tillage, CT- conventional tillage, C1- legume cover crop and C0- without cover crop. Means followed by similar letter are not significantly different with LSD at 5% probability level.

قطر میوه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که قطر میوه کدو تحت تأثیر مدیریت‌های مختلف خاک‌ورزی، گیاه پوششی و اثر دوگانه خاک‌ورزی در گیاه پوششی قرار گرفت (جدول ۲). تیمار خاک‌ورزی حداقل با گیاه پوششی با ۷۸/۲ سانتی‌متر بیشترین قطر میوه را نشان داد، که با تیمار NT-C1 تفاوت معنی‌داری نداشت. همچنین تیمار NT-C0 کمترین مقدار (۵۹/۷ سانتی‌متر) این پارامتر را نشان داد که با سایر تیمارهای آزمایشی، به‌جز NT-C1 وMT-C1 در یک گروه آماری قرار گرفت (شکل ۴). کاهش قطر میوه در تیمار مذکور احتمالاً به این علت است که در شرایط خاک‌ورزی مرسوم بدون گیاه پوششی، خاک دارای کیفیت پایین‌تر و عناصر غذایی کمتر بوده (Esfandiary Ekhlas, 2016) و نسبت به تیمارهای دارای گیاه پوششی و همچنین خاک‌ورزی‌های حفاظتی سریع‌تر خشک شده و رطوبت خود را از دست می‌دهد. همچنین همانطور که در بخش نتایج مربوط به تخلخل و جرم مخصوص ظاهری مشاهده شد عملیات خاک‌ورزی مرسوم باعث متراکم شدن خاک شده که نفوذ ریشه را نسبت به تیمارهای دیگر سخت تر و کم‌تر می‌کند. کمبود رطوبت قابل دسترس و عناصر غذایی مورد نیاز گیاه موجب اختلال در فتوسنتز و عدم رشد کافی شده و در نهایت باعث کاهش وزن و میزان حجم تولیدی اندام زایشی (میوه) و در نتیجه کاهش قطر میوه می‌شود.

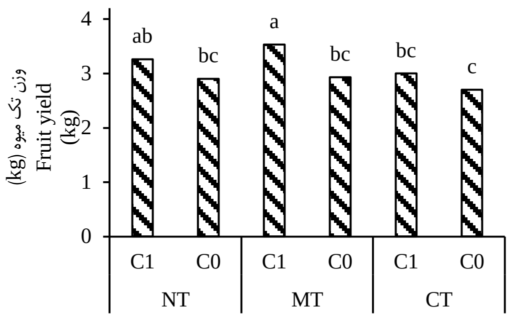


شکل ٤- اثر تیمارهای مختلف خاک‌ورزی و گیاه پوششی بر قطر میوه کدو تخمه کاغذی. NT- بدون خاک‌ورزی، MT- خاک‌ورزی حداقل، CT- خاک‌ورزی مرسوم، C1- گیاه پوششی خلر و C0- بدون گیاه پوششی. میانگین‌های دارای حروف مشترک اختلاف آماری معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Figure 4- Effects of different tillage and cover crop treatments on fruit diameter of Cucurbita pepo. NT- no tillage, MT- minimum tillage, CT- conventional tillage, C1- legume cover crop and C0- without cover crop. Means followed by similar letter are not significantly different with LSD at 5% probability level.

عملکرد میوه

عملکرد میوه (وزن تر تک میوه) کدو تخمه کاغذی بـا اثـر گیـاه پوششی و اثر دوگانه خاک‌ورزی در گیـاه پوششـی رابطـه معنـی‌داری نشان داد اما تحت تأثیر اثر ساده خاک‌ورزی قرار نگرفـت (جـدول ۲). خاک‌ورزی حداقل با گیاه پوششـی خلـر بـا میـانگین ۳/۵۳ کیلـوگرم بیشترین وزن میوه کدو را نشان داد اما با تیمار NT-C1 در یک گروه آماری قرار گرفت. تیمار خاک‌ورزی مرسوم بـدون گیـاه پوششـی نیـز کمتـرین مقـدار (۲/۷ کیلـو گـرم) ایـن صـفت را نشـان داد، ولـی بـا تیمارهای NT-C0، MT-C0 و CT-C1 تفاوت معنـی‌داری نداشـتند (شکل ۵). به نظر می‌رسد مدیریت خاک‌ورزی حفاظتی با گیاه پوششی نسبت به تیمارهای دیگر، از طریق بهبود ویژگـی‌هـای خـاکی ماننـد افزایش عناصر قابل دسـترس گیـاه، بهبـود فعالیـت زیسـتی خـاک و همچنین بهبود نفوذپذیری (Esfandiary Ekhlas, 2016) و افزایش گنجایش نگهداری آب (به نتـایج مربـوط بـه بخـش تخلخـل، جـرم مخصوص ظاهری، فعالیت آنزیم فسفاتاز و جدول همبستگی (جـدول ۳) باعث افزایش عملکرد میوه کدو تخمه‌کاغذی شده اسـت. مطالعـه هیلبرنر (Hiltbrunner, 2007) نشان داد وجود بقایای گیـاهی شـبدر سفید (*Trifolium repens* L.) و یا کودهای آلی در خاک، استقرار و رشد و نمو گیاه اصلی (گندم زمستانه *Triticum aestivum*) را بهبود می‌بخشد. همچنین این محقق بیـان کـرد، گیاهـان پوششـی باعـث افزایش گنجایش نگهداری رطوبت در خاک و تعـدیل درجـه حـرارت خاک می‌گردند؛ که اثرات متقابل بین افزایش رطوبت و تعدیل دمـایی خاک با رشد و استقرار گیـاه نهایتـاً عملکـرد گیـاه اصـلی را افـزایش مـی‌دهـد. همچنـین کامپیگلیـا و همکـاران (Campiglia *et al.*, 2010b) اثـر گیاهـان پوششـی ماشـک زمسـتانی (*Vicia villosa* Roth)، شـبدر زیرزمینـی (*Trifolium subterraneum* L.)، یـولاف (*Avena sativa* L.) و مخلوط یولاف و ماشک در مقایسـه بـا روش مرسوم (خاک‌ورزی برگردان دار بدون مالچ گیـاهی) بررسـی کـرده و گزارش کردند اسـتفاده از گیاهـان پوششـی باعـث افـزایش عملکـرد گوجـه‌فرنگـی (*Lycopersicom esculentum* Mill) مـی‌شـود. در آزمایشی دیگـر مکـافی و همکـاران (Mafakheri *et al.*, 2010) در بررسی تأثیر گیاه پوششی چاودار (*Secale cereale*) گـزارش کردنـد چاودار با کنترل علف‌های هرز و بهبـود دسترسـی عناصـر غـذایی در طول فصل رشد، باعث افزایش عملکرد ذرت (*Zea mays* L.) شد.



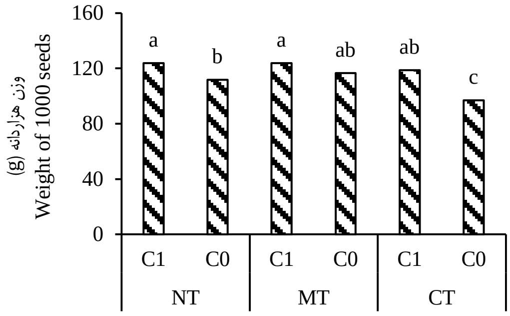
شکل ۵- اثر تیمارهای مختلف خاک‌ورزی و گیاه پوششی بر عملکرد میوه کدو تخمه کاغذی. NT- بدون خاک‌ورزی، MT- خاک‌ورزی حداقل، CT- خاک‌ورزی مرسوم، C1- گیاه پوششی خلر و C0- بدون گیاه پوششی. میانگین‌های دارای حروف مشترک اختلاف آماری معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Figure 5- Effects of tillage and cover crop treatments on fruit yield in *Cucurbita pepo*. NT- no tillage, MT- minimum tillage, CT- conventional tillage, C1- legume cover crop and C0- without cover crop. Means followed by similar letter are not significantly different with LSD at 5% probability level.

میانگین وزن هزار دانه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد کـه وزن هـزار دانـه کـدو تخمـه کاغذی تحت تأثیر تیمارهای مختلف قرار آزمایشی گرفت (جـدول ۲). تیمار خاک‌ورزی حداقل با گیاه پوششی بیشترین مقدار وزن هزار دانـه را با ۱۲۳/۷ گـرم نشـان داد کـه بـا تیمارهـای NT-C1، CT-C1 و MT-C0 در یک گروه آماری قرار گرفتند. تیمار NT-C0 بـه‌صـورت معنی‌داری کمترین مقدار (۹۷ گرم) این صفت را نشان داد (شـکل ۶). به نظر می‌رسد کاهش کیفیت و همچنین کاهش حفظ رطوبت خـاک در تیمارهـای خـاک‌ورزی مرسـوم بـدون گیـاه پوششـی نسـبت بـه تیمارهای خاک‌ورزی حفاظتی با گیاه پوششی خلر بـا تـأثیر بـر رشـد رویشی و زایشی گیاه موجب کاهش فتوسنتز، نرسیدن مواد به دانـه و همچنین کوتاه شدن دوره رشد دانه گردیده و در نتیجه انـدازه دانـه و وزن دانه را کاهش داده است. نفوذپذیری و حفظ رطوبت بیش‌تر خاک در روش خـاک‌ورزی حفـاظتی گـزارش شـده اسـت (Singh and Khera, 2009). با کاهش میزان رطوبـت خـاک در بعضـی گیاهـان، رشد اندام‌های زیرزمینی جهت افزایش سطح ریشـه بـرای جـذب آب

بیش‌تر، افزایش می‌یابد. این گونه گیاهان کربوهیدرات تولیدی بیش‌تری به رشد ریشه اختصاص می‌دهند که این امر باعث کاهش انتقال مواد غذایی به سوی مخزن‌هایی همانند دانه‌های در حال پر شدن می‌گردد و در نتیجه از وزن دانه‌های تولیدی کاسته می‌شود (Kocheki and Banayan, 1994). در مطالعه‌ای سان و همکاران (Sun *et al*., 2018) با بررسی اثر خاک‌ورزی‌های مختلف و سیستم کشت بر عملکرد گیاهی گزارش کردند که بی‌خاک‌ورزی با حفظ مداوم بقایای گیاهی، از طریق حفظ و بهبود رطوبت قابل دسترس گیاه و همچنین افزایش عناصر غذایی برای گیاهان از طریق مواد آلی اضافه شده به خاک، باعث افزایش وزن ذرت بهاره (*Zea mays* L.) و گندم (*Triticum aestivum* L.) نسبت به تیمارهای خاک‌ورزی مرسوم و خاک‌ورزی زیر شکن بدون حفظ بقایا می‌شود.



شکل ٦- اثر تیمارهای مختلف خاک‌ورزی و گیاه پوششی بر وزن هزار دانه کدو تخمه کاغذی. NT- بدون خاک‌ورزی، MT- خاک‌ورزی حداقل، CT- خاک‌ورزی مرسوم، C1- گیاه پوششی خلر و C0- بدون گیاه پوششی. میانگین‌های دارای حروف مشترک اختلاف آماری معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Figure 6- Effects of different tillage and cover crop treatments on Weight of 1000 seeds in *Cucurbita pepo*. NT- no tillage, MT- minimum tillage, CT- conventional tillage, C1- legume cover crop and C0- without cover crop. Means followed by similar letter are not significantly different with LSD at 5% probability level.

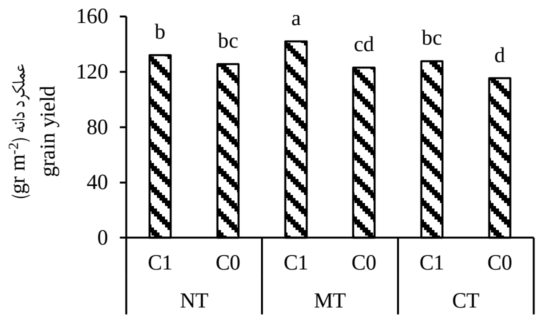
عملکرد دانه

عملکرد دانه تحت تأثیر مدیریت‌های مختلف خاک‌ورزی، گیاه پوششی و اثر دوگانه خاک‌ورزی در گیاه پوششی قرار گرفت (جدول ۲). تیمارهای MT-C1 و CT-C0 به‌ترتیب با ۱۴۲ و ۱۱۵/۳ گرم بر متر مربع، بیشترین و کمترین عملکرد دانه را در بین تیمارهای مختلف داشتند (شکل ۷). تیمارهای CT-C0 و MT-C0 از نظر اندازه عملکرد دانه در یک گروه آماری قرار گرفتند و همچنین تیمارهای NT-C1، NT-C0 و CT-C1 نیز تفاوت آماری معنی‌داری را برای این صفت نشان ندادند (شکل ۷).

از آن‌جایی‌که تیمارهای خاک‌ورزی حفاظتی با گیاه پوششی خلر دارای اجزای عملکرد بالایی بودند و همچنین با توجه به همبستگی اجزای عملکرد و پارامترهای خاکی اندازه‌گیری شده (جدول ۳) با عملکرد دانه، افزایش این ویژگی در تیمارهای مذکور دور از انتظار نیست. افزایش عملکرد در تیمارهای داری گیاه پوششی نسبت به بدون گیاه پوششی را می‌توان به تجزیه بقایای گیاهی و آزاد شدن تدریجی عناصر غذایی به‌ویژه نیتروژن که در اختیار کدو قرار گرفته است نسبت داد. افزایش بقایا باعث افزایش ماده آلی، نیتروژن، بهبود ساختمان خاک، افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی، افزایش تبادل گازی، و افزایش فعالیت میکروارگانیسم‌های خاک می‌شود که در نهایت مجموعه این عوامل احتمالاً باعث افزایش عملکرد دانه کدو گردیده است (Courtney and Mullen, 2008; Esfandiary Ekhlas, 2016). همچنین به نظر می‌رسد خاک‌ورزی‌های حفاظتی توانسته‌اند این اثرات را تسریع کرده و باعث افزایش عملکرد دانه شوند. حاصلخیزی خاک نقش عمده‌ای در عملکرد کدوئیان دارد؛ خرمی وفا (Khorrami Vafa, 2007) نیز گزارش کرد بهترین شرایط خاک برای رشد کدو، خاک‌های زهکش‌دار با مواد آلی فراوان است. به علاوه، دلیل افزایش عملکرد گیاهان پس از کشت گیاهان پوششی را می‌توان به دستیابی بیشتر گیاه به نیتروژن خاک نسبت داد (Yennish *et al*., 1996). کارایی استفاده از آب برای محصولات زراعی با اعمال خاک‌ورزی حفاظتی مانند روش بدون خاک‌ورزی و خاک‌ورزی حداقل بیشتر می‌شود و این نظام‌ها در کاهش فرسایش بالقوه خاک مفیدتر و مؤثرتر هستند که باعث حفظ و بهبود حاصلخیزی خاک می‌شود (Limon Ortega *et al*., 2002). در مطالعه‌ای ردیکتی و همکاران (Radicetti *et al*., 2016) در بررسی اثر خاک‌ورزی‌های گوناگون و گیاهان پوششی ماشک زمستانی (*Vicia villosa* Roth.)، یولاف (*Avena sativa* L.) و کلزا (*Brassica napus* L.) بر عملکرد بادمجان (*Solanum melanogena* L.) به این نتیجه رسیدند که وزن تازه بادمجان در مدیریت خاک‌ورزی حداقل با گیاه پوششی ماشک (۳۶۱۰۰ kg ha^{-1}) و مدیریت بی‌خاک‌ورزی با رها کردن بقایای ماشک زمستانی

(۳۸۰۰۰ $kg\ ha^{-1}$) و یولاف (۱۸۴۰۰ $kg\ ha^{-1}$) در سطح خاک، نسبت به خاک‌ورزی مرسوم با همان گیاهان پوششی (برای ماشک $kg\ ha^{-1}$ ۳۱۶۰۰ و برای یولاف $kg\ ha^{-1}$ ۱۴۳۰۰) عملکرد بیشتری را نشان می‌دهد؛ همچنین وزن کاه و کلش بیشتری نیز در تیمار خاک‌ورزی کمینه با گیاه پوششی ماشک (۳۵۰۰ $kg\ ha^{-1}$) اندازه‌گیری شد. آن‌ها علت این امر را مدیریت رهاسازی عناصر غذایی به‌ویژه نیتروژن توسط گیاهان پوششی بیان کردند. محققین دیگر نیز علت افزایش عملکرد علوفه سورگوم (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) در تیمارهای گیاهان پوششی را به تجزیه و آزاد شدن تدریجی عناصر غذایی به‌ویژه نیتروژن و کاهش آبشویی این عنصر نسبت دادند (Ramroudi *et al.*, 2011). در آزمایش دیگری، شم‌آبادی (Shamabadi, 2012) در ارزیابی روش خاک‌ورزی کاهش یافته بر عملکرد گندم دیم، بیشترین و کمترین اندازه عملکرد دانه گندم را به‌ترتیب در تیمار خاک‌ورزی کمینه و خاک‌ورزی مرسوم گزارش کرد.

قرار گرفتن تیمارهای NT-C1، NT-C0 و CT-C1 در یک گروه آماری، احتمالاً بیانگر این واقعیت است که به‌هم نخوردن خاک در تیمار بی‌خاک‌ورزی بدون گیاه پوششی با اینکه ماده آلی چندانی نسبت به تیمار خاک‌ورزی مرسوم با گیاه پوششی خلر دریافت نمی‌کند اما با حفظ بقایای باقی‌مانده از گیاهان اصلی توانسته شرایطی بهتری را برای رشد و نمو گیاهان بعدی فراهم کند.



شکل ۷- اثر تیمارهای مختلف خاک‌ورزی و گیاه پوششی بر عملکرد کدو تخمه کاغذی. NT- بدون خاک‌ورزی، MT- خاک‌ورزی حداقل، CT- خاک‌ورزی مرسوم، C1- گیاه پوششی خلر و C0- بدون گیاه پوششی. میانگین‌های دارای حروف مشترک اختلاف آماری معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Figure 7- Effects of different tillage and cover crop treatments on grain yield in *Cucurbita pepo*. NT- no tillage, MT- minimum tillage, CT- conventional tillage, C1- legume cover crop and C0- without cover crop. Means followed by similar letter are not significantly different with LSD at 5% probability level.

جدول ۳- ضرایب همبستگی بین صفات اندازه‌گیری شده در تیمارهای مختلف

Table 3- Correlation coefficients between traits measured under different treatments

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
جرم مخصوص ظاهری Bulk density (1)	1							
تخلخل Porosity (2)	-1**	1						
فعالیت آنزیم فسفاتاز قلیایی Alkaline phosphatase activity (3)	-0.77 **	0.77**	1					
وزن هزاردانه 1000-grain Weight (4)	-0.60 **	0.60 **	0.73 **	1				
عملکرد دانه Grain yield (5)	-0.67 **	0.67**	0.48 *	0.64**	1			
تعداد دانه در میوه Number of seeds per fruit (6)	-0.61 **	0.61**	0.37ns	0.66 **	0.75 **	1		
قطر میوه Fruit diameter (7)	-0.62 **	0.62**	0.44ns	0.75**	0.89**	0.73**	1	
عملکرد میوه Fruit yield (8)	-0.52 *	0.52 *	0.35ns	0.70**	0.72**	0.75 **	0.89**	1

*، ** و ns به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد، یک درصد و غیر معنی‌دار

* ،** and ns, Significant at 1% and 5% levels of probability and no Significant, respectively

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که اعمال چهار سال مدیریت‌های مختلف خاک‌ورزی و گیاه پوششی خلر، بر عملکرد کدو تخمه کاغذی و خصوصیات خاک تأثیر معنی‌داری گذاشتند. وجود گیاه پوششی خلر همراه با خاک‌ورزی‌های حفاظتی (خاک‌ورزی کمینه و بدون خاک‌ورزی) با بهبود ویژگی‌های خاکی مانند افزایش فعالیت آنزیمی و تخلخل و کاهش جرم مخصوص ظاهری خاک، باعث بهبود رشد گیاه و نهایتاً افزایش عملکرد کدو تخمه کاغذی شد. بنابراین تلفیق گیاه پوششی خلر با خاک‌ورزی‌های حفاظتی را می‌توان بهترین مدیریت در راستای کشاورزی پایدار برای افزایش علمکرد کدو و بهبود کیفیت خاک در منطقه مطالعاتی معرفی نمود. با توجه به اینکه بین تیمارهای NT-C1، NT-C0 و CT-C1 و تیمارهای CT-C0 و MT-C0 در برخی ویژگی‌های اندازه‌گیری شده تفاوت آماری معنی‌داری مشاهده نشد به نظر می‌رسد مدت زمان بیشتری نیاز است تا مدیریت‌های مختلف از این قبیل بتوانند از نظر تأثیر بر خصوصیات خاک و عملکرد گیاه از همدیگر تفکیک شوند.

References

1. Barzegar, A. R., Asoodar, M. A., Khadish, A., and Hashemi, A. M. 2003. Soil physical characteristics and chickpea yi eld responses to tillage treatments. Soil and Tillage Research 71: 49-57.
2. Bergkvist, G., Stenberg, M., Wetterlind, J., Bath, B., and Elfstrand, S. 2011. Clover cover crops under-sown in winter wheat increase yield of subsequent spring barley Effect of N dose and companion grass. Field Crops Research 120: 292-298.
3. Blake, G. R., and Hartge, K. H. 1986. Bulk density. P 363-375. In: A. Klute. (Eds.), Method of Soil Analysis. Part1. Physical and Mineralogical Methods, 2th ed. Agronomy monographs, 9. ASA-SSSA, Madison, WI.
4. Bogunovic, I., Pereira, P., Kisica, I., Sajkoa, K., and Srakac, M. 2018. Tillage management impacts on soil compaction, erosion and crop yield in Stagnosols (Croatia). Catena 160: 376-384.
5. Bond, W. R., Turner, J., and Grundy, A. C. 2003. A review of non-chemical weed management. H.D.R.A. the organic organization. Ryton Organic Garden, U.K.
6. Campiglia, E., Caporali, F., Radicetti, E., and Mancinelli, R. 2010a. Hairy vetch (Vicia villosa Roth.) Cover crop residue management for improving weed control and yield in no-tillage tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill). European Journal of Agronomy 33: 94-102.
7. Campiglia, E., Mancinelli, R., Radicetti, E., and Caporali, F. 2010b. Effect of cover crops and mulches on weed control and nitrogen fertilization in tomato (*Lycopersicom esculentum* Mill). Journal of Crop Protection 29: 354-363.
8. Courtney, R. G., and Mullen, G. J. 2008. Soil quality and barley growth as influenced by the laud application of two compost types. Bioresource Technology 99: 2913-2918.
9. Dick, W. A., and Tabatabai, M. A. 1993. Significance and potential uses of soil enzymes. In: Metting, F.B. (Ed.), Soil Microbial Ecology: Application in Agricultural and Environmental Management. Marcel Dekker, New York: 95-125.
10. Esfandiary Ekhlas, E. S. 2016. Effect of different tillage systems, cover crop and intercropping on some of soil quality indicators in Dastjerd region, Hamadan. MS Thesis. Bu-Ali Sina University, Hamedan. (in Persian with English abstract).
11. Garand, M. J., Simard, R. R., MacKenzie, A. F., and Hamel, C. 2001. Underseeded clover as a nitrogen source for spring wheat on a gleysol. Canadian Journal of Soil Science 81: 93-102.
12. Hiltbrunner, J., Streit, B., and Liedgens, M. 2007. Are seeding densities an opportunity to increase grain yield of winter wheat in a living mulch of white clover. Field Crops Research 102: 163-171.
13. Hooker, K. V., Coxon, C. E., Hackett, R., Kirwan, L. E., O'Keeffe, E., and Richards, K. G. 2008. Evaluation of cover crop and reduced cultivation for reducing nitrate leaching in Ireland. Journal of Environmental Quality 37: 138-145.
14. Hu, C., and Cao, Z. 2007. Size and activity of the soil microbial biomass and soil enzyme activity in long-term field experiments. World Journal of Agricultural Sciences 1: 63-70.
15. Iran Weather. 2014. Retrieved august 20, 2016, from http://www.accuweather.com/en/ir/iran-weather.
16. Isik, D., Kaya, E., Ngouajio, M., and Mennan, H. 2009. Weed suppression in organic pepper (*Capsicum annum* L.) with winter cover crops. Crop Protection 28: 356-363.
17. Jahan, M., Amiri, M. B., Aghhavari Shajari, M., and Tahami, M. K. 2013. Investigation of the pumpkin (*Cucurbita pepo* L.) production quantity and quality influence by *Lathyrus sativus* and *Trifolium resopinatum* cover crops, inoculation with plant growth stimulating rhizobacteria and application of organic fertilizers. Iranian Journal of Field Crops Research 11 (2): 337-356. (in Persian).
18. Jahan, M., Nasiri Mahalati, M., Salari M. D., and Ghorbani, R. 2010. The effects of the use of manure and application of biofertilizers on qualitative and quantitative characteristics pumpkin (*Cucurbita pepo* L.). Iranian

Journal of Field Crops Research 8 (4): 726-737. (in Persian with English abstract).
19. Khorrami Vafa, M. 2007. Ecology study of maize and pumpkin (*Cucurbita* pepo) intercropping. Ph.D Thesis. University of Tabriz, Iran.
20. Kocheki, A. R., and Banayan aval, M. 1994. Physiology of crop yield (translation). Jahad Daneshgahi of Mashhad. Iran. (in Persian).
21. Larkin, R. P., Griffin, T. S., and Honeycutt, C. W. 2010. Rotation and cover crop effects on soil borne potato diseases, tuber yield, and soil microbial communities. Plant Disease 94: 1491-1502.
22. Liebman, M., and Davis, A. S. 2000. Integration of soil, crop and weed management in low external- input farming system. Weed Research 40: 27-47.
23. Limon Ortega, A., Sawyer, K. D., Drabber, R. A., and Francis, C. A. 2002. Soil attributes in a furrow irrigated bed plaiting system in north. West Mexico. Soil and tillage Research 63: 123-132.
24. Mafakheri, S., Ardakani, M. R., Meighani, F., Mirhadi, M. J., and Vazan, S. 2010. Rye cover crop management affects weeds and yield of corn (*Zea mays* L.). Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca 38: 117-123.
25. Mitchell, J. P., Shrestha, A., Mathesius. K., Scow. K. M., Southard, R. J., Haney, R. L., Schmidt, R., Munk, D. S., and Horwath, W. R. 2017. Cover cropping and no-tillage improve soil health in an arid irrigated cropping system in California's San Joaquin Valley, USA. Soil & Tillage Research 165: 325-335.
26. Omidi, H., Tahmasebi Sarvestani, Z., Ghalavand, A., and Modarres Sanavi, S. A. M. 2006. Evaluation of tillage systems and row distances on grain yield and oil content in two canola (*Brassica napus*) Cultivars. Iranian Journal of Crop Sciences 7 (2): 97-112. (in Persian with English abstract).
27. Putnam, D. H., Oplinger, E. S., and Hicks, D. R. 2003. Alternative field crops manual sunflower cultural, seedbed preparation. University of Wisconsin. Madison.
28. Radicetti, E., Mancinelli, R., Moscetti, R., and Campiglia, E. 2016. Management of winter cover crop residues under different tillage conditions affects nitrogen utilization efficiency and yield of eggplant (*Solanum melanogena* L.) in Mediterranean environment. Soil & Tillage Research 155: 329-338.
29. Ramroudi, M., Majnoun Hosseini, N., Hosseinzadeh, A. H., Mazaheri, D., and Hosseini, M. B. 2011. Evaluating the effects cover crops, tillage systems and nitrogen rates on soil properties and sorghum forage yields. Agronomy Journal (Pajouhesh & Sazandegi) 92: 18-23. (in Persian with English abstract).
30. Safari Sinegani, A. A. 2014. *Soil Biology and Biochemistry.* Bu-Ali Sina University Publication, (in Persian).
31. Sainju, U. M., and Singh, B. P. 2001. Tillage, cover crop, and kill-planting date effects on corn yield and soil nitrogen. Agronomy journal 93: 878-886.
32. Samadani, B., and Montazeri, M. 2009. The use of cover crop in sustainable agriculture. Iranian Research Institute of Plant Protection Press. 186 pp. (in Persian).
33. Samara, N. H., and Ahmad, T. 2007. The effect of tillage practices on Barely production under rainfed conditions in Jordan. American-Eurasian. Journal of Agriculture and Environmental Science 2 (1): 75-79.
34. Shamabadi, Z. A. 2012. Evaluating reduced tillage methods on energy productivity and rainfed wheat yield. Journal of Soil and Water Conservation 1 (3): 69-78. (in Persian).
35. Singh, M. J., and Khera, K. L. 2009. Physical indicators of soil quality in relation to soil erodibility under different land uses. Arid Land Research and Management 23: 152-167.
36. Steenwerth, K., and Belina, K. M. 2008. Cover crops enhance soil organic matter, carbon dynamics and microbiological function in a vineyard agroecosystem. Applied Soil Ecology 40: 359-369.
37. Suivan, P., and Diver, S. 2001. Overview of cover crops and green manures fundamentals of sustainable agriculture. NCAT Agriculture Specialist.
38. Sun, L., Wangb, S., Zhangb, Y., Lib, J., Wangb. X., Wangb, R., Lyub, W., Chenb, N., and Wangb, Q. 2018. Conservation agriculture based on crop rotation and tillage in the semi-arid Loess Plateau, China: Effects on crop yield and soil water use. Agriculture, Ecosystems and Environment 251: 67-77.
39. Tabatabai, M. A. 2003. Enzymes: past, present and future. Second international conference on enzyme in the environment: Activity, Ecology and Application. Prague, Czech Republic. 14-17.
40. Tabatabai, M. A., and Bremner, J. M. 1969. Use of p-nitrophenylphosphate for assay of soil phosphatase activity. Journal of Soil Biology and Biochemistry 1: 301-307.
41. Uhart, S. A., and Andrade, F. H. 1995. Nitrogen deficiency in maize: I. Effects on crop growth development dry matter partitioning, and kernel set. Crop Science 35: 1376-1383.
42. Wang, X. B., Oenema, O., Hoogmoed, W. B., Perdok, U. D., and Cai, D. X. 2006. Dust storm erosion and its impact on soil carbon and nitrogen losses in northern China, Catena 66: 221-227.
43. Yenish, J. P., Worsham, A. D., and York, A. C. 1996. Cover crops for herbicide replacement in no-tillage corn. Weed Technology 10: 815-821.

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 16, No. 2, Summer. 2018, p. 421-434

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۶، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۷، ص. ۴۳۴-۴۲۱

The Effect of Integrated management of Conservation Tillage and *Lathyrus sativus* Cover Cropping on *Cucurbita pepo* Yield and Selected Soil Quality Indicators

E. Esfandiary ekhlas[1]- M. Nael[2*]- J. Hamzei[3]

Received: 17-04-2017
Accepted: 12-02-2018

Introduction

Minimum tillage (MT) and no-tillage (NT) are collectively described as conservation tillage. Conservation tillage reduces production costs, saves water, increases soil organic matter, prevents soil erosion, mitigates greenhouse gases from the soil, improves air quality, protects wildlife habitat and biodiversity, improves production and ensures environmental safety. Cover crops are considered as a support for sustainable cropping system. Some researchers have declared that using cover crops or maintaining sufficient residues of previous crops increase soil fertility and soil organic matter levels in the long term. According to strategic importance of organic matter and the significant role of tillage practices and crop residue management on crop production and soil quality improvement, a 4-year field experiment was conducted to determine *Cucurbita pepo* yield, yield components and selected soil quality indices, under different tillage and cover crop managements.

Materials and Methods

A four-year field experiment (2011-2014) was carried out at Bu-Ali Sina University Experimental Field in Dastjerd, Hamadan, as a factorial randomized complete block design with three replications. The area is located at 37 km of Hamadan, between 48°31' E and 35°01' N with 330 mm annual rainfall and 1690 m altitude. Treatments consist of three levels of tillage practices (including, NT: no-tillage (direct seeding), MT: minimum tillage (chisel plowing + disk) and CT: conventional tillage (moldboard plowing + disk)) and two levels of cover cropping (including, C1: with legume cover crop (*lathyrus sativus*) and C0: without cover crop) and were applied for four consecutive years. Pumpkin (*Cucurbita pepo*)was planted in the fourth year. Plant and soil samples were analyzed for grain yield, seed numbers per fruit, fruit diameter, 1000-grain weight, fruit yield, soil porosity, bulk density and alkaline phosphatase activity in 2014. Data obtained were analyzed using statistical software SAS ver. 9.4 and the means were compared using LSD test at 5 % probability level.

Results and Discussion

The highest levels of grain yield (142 g m^{-2}), seed numbers per fruit (348), fruit diameter (78.2 cm), fruit yield (3.53 kg), soil porosity (%53.7), and alkaline phosphatase activity (3413 µg ρNP g^{-1} h^{-1}) were observed in minimum tillage with Legume cover crop treatment (MT-C1); the lowest amounts of aforementioned traits, however, were obtained in CT-C0 treatment. Conservation tillage treatments (no-till and minimum tillage) with *Lathyrus* as cover crop demonstrated the lowest soil bulk density (average 1.1 g cm^{-3}) and the highest porosity (average 53.7%) compared to other treatments. In conventional tillage without cover crop (CT-C0) the highest soil bulk density (1.42 g cm^{-3}) and the lowest soil porosity (40.8 %) were observed; these indicators were not statistically different from that of minimum tillage without cover crop treatment (MT-C0). Furthermore, NT-C0 and MT-C0 showed no difference for the two same indicators. No-tillage with cover crop treatment (NT-C1) demonstrated the highest phosphatase activity (3413 µg ρNP g^{-1} h^{-1}). Moreover, this treatment was statistically similar to MT-C1 and CT-C1 in this respect. On the contrary, this index was significantly lowest (1861 µg ρNP g^{-1} h^{-1}) in the traditional management (CT-C0). Cover crops increase available nutrients, microbial population, microbial biomass activity and moderate soil temperature by enhancing soil organic matter. Conservation tillage

1 and 2- PhD student and Assistant Professor of Soil Science respectively, Soil Science Dept., College of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan
3- Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan
(*- Corresponding Author Email: moh_nael@yahoo.com)

on its part further improves these effects by preventing the rapid decomposition of organic matter, which eventually increases pumpkin yield and yield components as well as soil quality indicator.

Conclusions

Generally, after four years of applying different tillage practices with legume cover cropping, it was concluded that incorporation of *Lathyrus sativus* cover cropping with conservation tillage (either no-tillage or minimum tillage) is the most appropriate management for the studied area (Hamadan) in view of pumpkin yield and soil quality improvement.

Keywords: Alkaline phosphatase, Bulk density, Conservation tillage, Grain yield, Soil porosity